I. PRZESŁANKI I PIERWSZE KONCEPCJE AUTOMATYCZNEGO LICZENIA

Pierwszą maszyną cyfrową, w której operacje wykonywane były za pomocą układów elektronicznych, był ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) zbudowany w Stanach Zjednoczonych pod koniec II wojny światowej.

Dopiero jednak kilka lat później powstały elektroniczne maszyny liczące o nowoczesnej organizacji działania: przechowujące program w pamięci, liczące w dwójkowym systemie, etc.

Podstawą budowy tych maszyn były nie tylko postępy elektroniki i mechaniki, lecz również logiki i teorii automatycznego liczenia, pochodzące niekiedy sprzed kilkuset lat. Maszyny liczące od dawna stanowiły obiekt praktycznych koncepcji i filozoficznych spekulacji. Pierwszymi konstruktorami mechanizmów liczących byli słynni filozofowie i uczeni: Pascal, Leibniz, Łomonosow, Czebyszew. Niezależnie od praktycznych osiągnięć (sumator) Pascal w "Myślach" wypowiada sąd o maszynach arytmetycznych, porównując ich działanie do myślenia żywych istot.

Prawdopodobnie pierwszym autorem częściowo zautomatyzowanej maszyny był Müller, który w 1786 roku przedłożył projekt maszyny do obliczania algebraicznych funkcji różnicowych. Maszyny tej przypuszczalnie nie zbudowano.

Uważa się, że ojcem rachunku automatycznego był natomiast Charles BABBAGE (1792-1871), angielski matematyk kierujący w latach 1828-1839 katedrą matematyki w Cambridge. Zasługi Babbage'a dla rozwoju maszyn liczących były ogromne.

Dlatego też poświęciły im sporo miejsca. Uczony ten 60 lat swojego życia poświęcił na opracowanie koncepcji i budowę fenomenalnych jak na XIX wiek mechanicznych automatycznych maszyn liczących. Niestety, nie dane mu było siągnąć celu. Pierwsza maszyna licząca na miarę jego koncepcji zbudowana została dopiero pod koniec lat czterdziestych naszego stulecia (1949 - EDSAC). Zbudowano ją z elementów elektronicznych nie istniejących w czasach Babbage'a. Projekt angielskiego uczonego zawierał główne koncepcje współczesnego komputera: pamięć, urządzenie arytmetyczne, wejście z maszynowego nośnika informacji (z kart dziurkowanych), wyjście poprzez urządzenie piszące itp.

Idee Babbage'a ujmowane są następująco. (C - 1):

a/ maszyna licząca powinna wykonywać wszystkie operacje arytmetyczne,

b/ program wprowadza się na kartach dziurkowanych,

c/ maszyna powinna przechowywać rezultaty w celu późniejszego ich wykorzystania,

d/ należy zapewnić możność wyboru pomiędzy działaniami w zależności od wyniku obliczeń.

Babbage stale pracował nad doskonaleniem swych pomysłów. Po 10 latach pracy nad projektem "maszyny różnicowej" w 1823 roku przy dotacji rządowej rozpoczął jej budowę. Po kolejnych 10 latach budowę przerwano z różnorakich powodów (zatarg z inżynierem prowadzącym budowę, trudności finansowe, kłopoty technologiczne, a przede wszystkim pomysł nowej doskonalszej maszyny). Nowa maszyna zwana analityczną (analitical engine) miała wykonywać dowolne obliczenia oraz pracować według innych idei Babbage'a.

Pamięć ("magazyn") tej maszyny składać się miała z 1000 rejestrów po 50 kół cyfrowych w każdym. W zależności od rozkazu każde koło mogło się łączyć z arytmometrem ("fabryką") lub innymi częściami maszyny. Jako ciekawostkę można podać to, że Babbage za największe swoje osiągnięcie uważał nie koncepcję maszyny analitycznej, lecz opracowanie algebry opisującej ruchy poszczególnych części maszyny. Można ten wysiłek uważać za próbę sformułowania teorii działania maszyn liczących.

W tym samym czasie żył również w Anglii jeden z najwybitniejszych logików XIX wieku George Boole (1815-1864). Stworzył on algebrę logiki, znajdującą szerokie zastosowanie w teorii elektronicznych maszyn cyfrowych. Właśnie od Boole'a pochodzi znakowanie operacji alternatywy ("dodawania" logicznego) i koniunkcji ("mnożenia" logicznego). Kontynuatorami algebry Boole'a byli m.in. de Morgan , Porecki i Schröder oraz Jevons. Ten ostatni, oprócz rozpraw teoretycznych posiada w dorobku pierwszą (1869) maszynę do rozwiązywania zadań logicznych. Zastosowanie algebry Boole'a do opisu działań obwodów przełączających zaproponował w 1938 roku Claude Shannon (jak wiadomo, obwody równoległe przedstawiają operację "lub" zaś szeregowe - operację "i").

Duże znaczenie dla rozwoju automatyzacji programowania posiadają prace wybitnego polskiego logika Jana Łukasiewicza (1878-1956), który w 1910 roku pracą "Zasada sprzeczności u Arystotelesa" zapoczątkował logikę matematyczną w Polsce. Uczony ten stworzył w Warszawie ośrodek logistyczny o światowej sławie. Jego koncepcja beznawiasowego zapisu wzorów algebraicznych wykorzystana została do translacji wielu języków programowania. Znana jest w świecie jako tzw. polish notation (polski zapis). Rozróżnia się zapis prosty (direct polish notation) oraz

zapis odwrotny (reverse polish notation). Właśnie ten ostatni używany jest z reguły w technice kompilacji.
Wyrażenie: A x B - C x D w polskiej notacji w zapisie prostym wygląda - x A B x C D. W zapisie prostym znaki działań podawane są przed każdą parą argumentów, zaś w zapisie odwrotnym - po parze (AB x CD x -). Od strony technicznej zapis Łukasiewicza realizowany jest za pomocą tzw. pamięci stosowej (push-down memory), przedstawiającej jak gdyby "stos" rejestrów, z których tylko jeden (górny) może kontaktować się z otoczeniem. Każde wejście-wyjście powoduje więc przemieszczenie się danych w rejestrach.

Po wielu latach zapomnienia idee Babbage'a odżyły. W 1930 roku dr Howard Aiken z uniwersytetu w Harvard opisał model automatycznej maszyny liczącej opartej o XIX-wieczne koncepcje angielskiego matematyka. Opis ten wykorzystano przy budowie maszyny przekaźnikowej MARK I (1937-1944).

Również w latach 30-tych A.M.Turing podał koncepcję abstrakcyjnej maszyny liczącej nazwanej później "maszyną Turinga".
W odczycie wygłoszonym w 1936 roku w Londyńskim Towarzystwie Matematycznym przedstawił on teoretyczny model uniwersalnej abstrakcyjnej maszyny liczącej[1/]. Maszyna ta wyposażona była w nieskończenie (z obu stron) długą taśmę z zapisanymi symbolami. Wzdłuż taśmy przesuwała się (!) głowica czytająco-pisząca sprzężona z układem sterującym. Praca maszyny polegała na odczytaniu symbolu z klatki na taśmie, a następnie na porównaniu go z dotych-

---

1/ Dalsze prace nad koncepcją "maszyny Turinga" zostały przerwane przez II wojnę światową. Po wojnie, pracując w National Physical Laboratory, Turing uczestniczył w budowie maszyny lampowej ACE (Automatic Computing Engine). Posiada on również pewne zasługi w pionierskim zastosowaniu koncepcji biblioteki podprogramów, ważnego etapu w rozwoju programowania.

czasowym "swoim" stanem. W przypadku różnic następowało przejście do nowego stanu i obliczenie nowego symbolu, który był zapisywany na taśmie w miejsce symbolu poprzedniego.

Przez usunięcie założenia o nieskończoności taśmy stworzono pojęcie automatu skończonego. Do automatu skończonego wprowadza się jakiś tekst i po odpowiednim przetworzeniu otrzymujemy nowy ciąg symboli. Wykorzystując zasadę "czarnej skrzynki", dokonuje się np. modelowania maszyn matematycznych na innej maszynie.

Największe zasługi dla rozwoju teorii działania nowoczesnych maszyn posiada John von NEUMANN (1903-1957). Ten amerykański matematyk węgierskiego pochodzenia już w 1936 roku, niezależnie od Francuza Couffignala, zaproponował zastosowanie dwójkowego systemu liczenia (zamiast dziesiętnego) w maszynach liczących. Będąc konsultantem w Moore School of Electrical Engineering w Filadelfii, pracował nad ulepszeniem maszyny ENIAC, zbudowanej przez Eckerta i Mauchly'ego. Jak wiadomo, ENIAC posiadał bardzo małą pamięć (dla 20 liczb) i dlatego nie mógł przechowywać programu. Konstruktorzy maszyny zdawali sobie sprawę z tej podstawowej wady i zaproponowali użycie dla następnych maszyn pamięci na ultradźwiękowych liniach opóźniających.

Niemniej jednak wszechstronne badania nad optymalnymi charakterystykami maszyn zostały przeprowadzone dopiero przez Neumanna i jego współpracowników (Goldstine, Burks). Badania te wykazały, że pojemność pamięci powinna wynosić (w owym czasie) co najmniej 4096 słów (o długości 10-12 znaków dziesiętnych), że powinna ona przechowywać zarówno dane jak i program oraz że może wyniknąć potrzeba zastosowania pamięci pomocniczej.

Grupa Neumanna stworzyła podstawy projektowe wielu maszyn (EDVAC,

SEAC, EDSAC i inne) John von Neumann był wszechstronnym uczonym i wniósł duży wkład w rozwój takich dziedzin jak mechanika kwantowa, logika matematyczna i teoria gier. W serii tzw. raportów publikowanych na przestrzeni lat 1945-1947 podał on fundamentalne zasady budowy maszyn matematycznych:

a/ zarówno dane jak i program mogą być wyrażone w systemie binarnym,

b/ program powinien być przechowywany w pamięci,

c/ ponieważ rozkazy są kodowane i przechowywane tak samo jak liczby, można je przetwarzać arytmetycznie w celu otrzymania nowych rozkazów.

Niezależnie od Neumanna, w 1949 roku Wilkes wskazał, że należy dokonywać operacji arytmetycznych na adresach, osiągając przez to znaczne skrócenie wielkości programu (jak wiadomo, modyfikacja adresów pozwala na tworzenie tzw. pętli w programie).

Jak więc widzimy, nie od razu odkrywano oczywiste dzisiaj dla nas zasady działania komputerów. Była to droga ewolucji, którą kiedyś zapoczątkował Charles Babbage a przyspieszył Allan Turing, Howard Aiken i John von Neumann.